

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# ⑯ Offenlegungsschrift

## ⑯ DE 196 16 545 A 1

⑯ Int. Cl. 6:

**H 01 L 31/115**

G 01 T 1/24

A 61 B 6/10

⑯ Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Erfinder:

Matz, Richard, Dr.rer.nat., 83052 Bruckmühl, DE;  
Jahnke, Andreas, Dr.rer.nat., 81827 München, DE

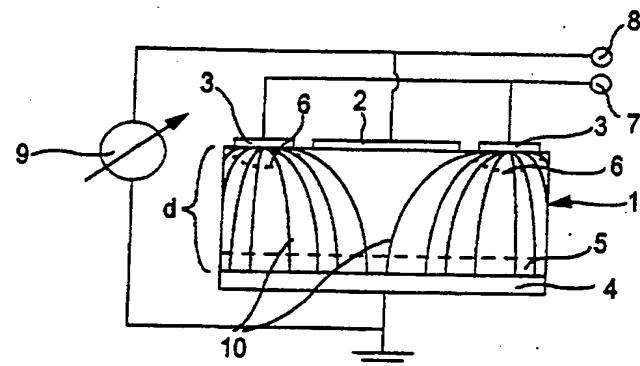
⑯ Entgegenhaltungen:

DE 44 42 853 A1  
DE 34 15 439 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Schneller Strahlungsdetektor

⑯ Es wird ein direkt konvertierender Strahlungsdetektor mit Diodenstruktur vorgeschlagen, der durch eine zusätzliche Injektor-Elektrode Ladungsträger zur Kompensation von geladenen Traps in den Halbleiterkörper injizieren kann. Der so erzeugte sekundäre Dunkelstrom fließt nicht über die Meß-Elektroden und beeinflusst daher nicht das Meßsignal. Die Injektion wird durch geeignete Dotierung unterhalb der Injektor-Elektrode erleichtert.



DE 196 16 545 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 97 702 044/151

10/24

## Beschreibung

Zum Nachweis elektromagnetischer Strahlung im sichtbaren, IR- und UV-Bereich können direkt umwandelnde Detektoren eingesetzt werden, die als Photoleiter, Photodiode oder nach dem photovoltaischen Prinzip betrieben werden können.

Für den quantitativen Nachweis von Röntgen- und Gammastrahlung werden bei mittleren Quantenenergien von 10 bis 150 keV traditionell gasgefüllte Ionisationsröhren oder Festkörperszintillatoren im Verbund mit Photomultiplier-Röhren oder Halbleiterphotodioden eingesetzt. Während im ersten Fall die ionisierende Wirkung von Röntgenstrahlung direkt zum Nachweis der dadurch erzeugten elektrischen Ladungen genutzt wird, dienen im zweiten Fall die Leuchteigenschaften von Festkörperleuchtstoffen dazu, die Röntgenstrahlung zunächst in niederenergetische und insbesondere sichtbare Strahlung umzuwandeln. Diese kann dann über einen lichtempfindlichen Film oder einen Strahlungsdetektor für sichtbares Licht nachgewiesen werden.

Wegen ihrer kompakten und einfachen Bauform bei gleichzeitig hoher Ortsauflösung und Nachweisempfindlichkeit werden zunehmend auch direkt konvertierende Detektoren zum Nachweis von Röntgen- und Gammastrahlung eingesetzt. Diese bestehen aus schweren und gut absorbierenden Halbleitermaterialien wie beispielsweise CdTe, HgI<sub>2</sub>, PbI<sub>2</sub> und einigen anderen Verbindungshalbleitern. In diesen Detektoren wird die Röntgenenergie durch interne Photoanregung unmittelbar in einen elektrischen Signalstrom umgesetzt.

Der einfachste Aufbau eines direkt konvertierenden Detektors ist ein Photoleiter aus einem durchgehend hochohmigen Halbleiter mit geringer intrinsischer Leitung. Der Dunkelstrom zwischen den beiden an gegenüberliegenden Seiten des Halbleiterkörpers aufgebrachten Elektroden kann einerseits durch eine höhere Bandlücke des Halbleiters und andererseits durch Auswahl solcher Elektrodenmaterialien reduziert werden, die eine hinreichend hohe Schottky-Barriere zum Halbleiter aufbauen.

Eine weitere Reduktion des Dunkelstroms wird durch eine pin-Diodenstruktur oder durch eine p- bzw. n-Dotierung des Halbleiters unterhalb der Kontakte erzielt.

Ein weiteres Kriterium beim Aufbau eines direkt konvertierenden Röntgendetektors ist die Schichtdicke, in der die absorbierende aktive Halbleiterschicht ausgelagert ist. Eine vollständige Absorption von Röntgenstrahlung erfordert eine ausreichende Halbleiterschichtdicke, beispielsweise 1 bis 2 mm beim Cadmiumtellurid. Ein Detektor mit einer Halbleiterschicht dieser Dicke weist jedoch elektronische Nachteile auf, da eine Vielzahl der durch die Strahlung generierten Ladungsträger vor dem Erreichen der Elektroden durch Rekombination und vor allem durch Einfang an Haftstellen (trapping) verlorengehen. Dies reduziert den messbaren Signalstrom. Außerdem können dadurch relativ viele Ladungsträger im Halbleiter zurückbleiben, beispielsweise die unbeweglicheren Löcher, die im Halbleiter eine positive Raumladung aufbauen. Dies führt zumindest zu einer Verformung bis hin zur vollständigen Abschirmung des außen angelegten elektrischen Feldes und in der Folge zu einer entsprechenden Verminderung des gemessenen Signalstroms. Darüber hinaus werden die im Halbleiter festgehaltenen Ladungen insbesondere aus energetisch tiefgelegenen Haftstellen nur langsam wieder abgegeben (de-trapping), so daß das Meßsignal auch bei Ausschalten

der einfallenden Strahlung nur langsam abklingt. Damit wird die Ansprechzeit des Detektors auf Intensitätsänderungen der einfallenden Strahlung für manche Anwendungen unzulässig verlängert. Bei einem Betrieb des Detektors mit gepulster Strahlung wird die maximal mögliche Pulsfrequenz verringert.

Aufgrund dieses Nachteils konnten bisher derartige direkt konvertierende Strahlungsdetektoren entweder nur bei relativ kleinen Röntgen- oder Gammastrahlflüssen als Einzelquantenzähler eingesetzt oder bei Anwendungen verwendet werden, die träge und damit langsame Trapping- und Detrapping-Vorgänge zuließen. Im Zählbetrieb können dabei Einzelquanten bis zu Raten von mehreren 10<sup>5</sup> Quanten/Sekunden aufgelöst werden. Für CdTe liegt der mittlere Photostrom und der Aufladungsstrom dann mit einigen 0,1 nA/mm<sup>2</sup> noch immer deutlich unter dem Dunkelstrom von ca. 1 bis 10 nA/mm<sup>2</sup>. Beim Einsatz als Einzelquantenzählers kann das Halbleitermaterial in Verbindung mit der höheren Stromtragfähigkeit der zum Beispiel aus Gold bestehenden Kontakte (ca. 100 nA/mm<sup>2</sup>) diese geringe nicht abgeführte Restladung "ausheilen".

Für manche Anwendungen ist es jedoch erforderlich, daß der Detektor bei hoher Datenrate auf bis zu 10<sup>4</sup> fach höhere Quantenstrahlflüsse linear anspricht. Dabei wird eine Aufladung von bis zu 1 μA/mm<sup>2</sup> erreicht, die zwei Dekaden über dem Dunkelstrom liegt und nicht mehr in ausreichender Zeit ausgeglichen werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen direkt konvertierenden Strahlungsdetektor insbesondere für hochenergetische Strahlung anzugeben, der selbst bei einer hohen aktiven Halbleiterschichtdicke, die im Bereich der mittleren freien Weglänge für die Ladungsträger liegt, eine verbesserte Ansprechgeschwindigkeit bei hoher Meßgenauigkeit zeigt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Detektor nach Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sowie ein Verfahren zum Betrieb des Detektors sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Grundlegende Idee der Erfindung ist es, die an Fehlstellen im Halbleiter haftenden Restladungen durch zusätzliche Injektion entgegengesetztes geladener Ladungsträger zu kompensieren. Im Detektor wird dies durch eine auf einer Hauptfläche des Halbleiterkörpers zusätzlich aufgebrachte Injektorelektrode realisiert. Das Potential dieser Injektorelektrode wird dabei entsprechend der Polarität der eigentlichen Meßelektroden eingestellt, wobei jedoch die zwischen Injektorelektrode und zweiter (Gegen)-Elektrode anliegende Injektorspannung geringer ist als die zwischen erster und zweiter Elektrode anliegende Betriebsspannung des Detektors.

Erste Elektrode und Injektorelektrode, die beide auf derselben Hauptfläche des Halbleiterkörpers ausgebildet sind, weisen eine Interdigitalstruktur auf. Das heißt, beide Elektroden sind strukturiert ausgebildet, wobei die Strukturelemente der beiden Elektroden ineinander greifen, so daß sich eine alternierende Anordnung der beiden Elektroden auf der Oberfläche ergibt. Dies hat den Vorteil, daß die Injektion von Ladungsträgern zur Kompensation von geladenen Haftstellen gleichmäßig über die Oberfläche erfolgt. Somit kann auch der so erzeugte sekundäre Dunkelstrom einen hohen Volumenanteil des gesamten Halbleiters durchfließen und dabei die dort haftenden (Rest) Ladungen kompensieren. Je feinstrukturierter die Injektorelektrode ist, bzw. je feinteiliger die Interdigitalstruktur von Injektor- und

erster Elektrode sind, um so höher ist das vom Injektorstrom erfaßte Volumen und damit die Kompensierung von haftenden Restladungen. Damit ist die Kompensierung auch unabhängig vom Flächenanteil der Injektorelektrode relativ zur ersten Elektrode. Das genannte Flächenverhältnis kann daher deutlich niedriger als 1 sein und beispielsweise 0,1 bis 0,5 betragen. Durch den hohen Flächenanteil der ersten Elektrode ist garantiert, daß der Signalstrom nur unwesentlich reduziert wird.

Vorzugsweise wird für die InjektorElektrode ein Metall ausgewählt, welches zum Halbleiter eine für die zu injizierenden Ladungsträger niedrigere Schottky-Barriere ausbildet als das Metall der Signalelektrode bzw. der ersten Elektrode. Der Übergang der zu injizierenden Ladungsträger von der InjektorElektrode in den Halbleiterkörper wird damit erleichtert und erzeugt einen die Restladungen kompensierenden sekundären Dunkelstrom zwischen InjektorElektrode und zweiter Elektrode, der den Signalstrom aber nicht beeinflußt.

Da der erfundungsgemäße Detektor die Nachteile ausgleicht, die sich mit zunehmender Dicke des Halbleiterkörpers bzw. mit zunehmenden Abstand der Elektroden häufen, kann er flächenhaft und in einer Dicke ausgeführt werden, die der zur Absorption der einfallenden Strahlung erforderlichen Absorptionslänge entspricht.

Um mit dem Detektor gleichzeitig eine Ortsinformation über die einfallende Strahlung zu erhalten, ist die erste Elektrode in zumindest zwei, vorzugsweise jedoch in mehrere elektrisch voneinander getrennte Teilelektroden aufgeteilt, wobei der Signalstrom an jeder Teilelektrode unabhängig von den anderen Teilelektroden bestimmt werden kann. Da nur an den Teilelektroden ein Signalstrom gemessen werden kann, in deren Nähe ein Strahlungsquant im Halbleiterkörper absorbiert wurde, kann die einfallende Strahlung so ortsaufgelöst bestimmt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt der Halbleiterkörper ein Verbindungshalbleitermaterial mit hohem Einfangquerschnitt für hochenergetische Strahlung, also ein Material mit hoher Kernladungszahl. Bevorzugte Materialien sind daher Galliumarsenid und insbesondere Cadmiumtellurid. Für das letztgenannte Halbleitermaterial besteht eine bevorzugte Elektrodenkombination aus Indium und Gold oder Platin. Indium bildet zum Cadmiumtellurid einerseits eine niedrige Schottky-Barriere für Elektronen aus und erzeugt außerdem durch Eindiffusion im Cadmiumtellurid eine n-leitende Dotierung. Gold und Platin dagegen bauen auf Cadmiumtellurid eine gegenüber Indium höhere Schottky-Barriere für Elektronen auf.

In einem Halbleiterkörper aus p-leitendem Cadmiumtellurid können dann Injektor- und zweite Elektrode aus Indium ausgeführt werden, und die erste Elektrode aus Gold oder Platin. Unter der zweiten Elektrode wird dabei eine n-Dotierung erhalten und damit der pn-Übergang erzeugt. Unterhalb der aus Indium bestehenden InjektorElektrode ist die p-Dotierung des Halbleiterkörpers durch eindiffundiertes Indium kompensiert.

Zum Betrieb des erfundungsgemäßen Detektors wird an erste und zweite Elektrode eine Betriebsspannung in Sperrichtung angelegt, die üblicherweise im Bereich von 10 bis 100 Volt ausgewählt ist. Vorzugsweise wird ein hochwertiges, daher störstellenarmes und hochohmiges Halbleitermaterial ausgewählt. Intrinsisches Cadmiumtellurid besitzt beispielsweise einen spezifischen Widerstand von  $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ , so daß bei ca. 1 bis 2 mm Halbleiterdicke eine Spannung von 50 Volt geeignet ist, um einen gut messbaren Signalstrom zu erhalten.

Das an die InjektorElektrode anzulegende Potential führt zu einer ebenfalls in Sperrichtung ausgebildeten Injektorspannung, die geringer gewählt wird als die Betriebsspannung. Durch das genaue Verhältnis der Injektorspannung relativ zur Betriebsspannung wird das Ansprechverhalten des erfundungsgemäßen Detektors optimiert. Eine relativ höhere Injektorspannung führt zu einem höheren sekundären Dunkelstrom, zu einer schnellen Kompensierung von Restladungen, die nach der Absorption von Strahlung im Halbleiterkörper haften und damit zu einem schnellen Abklingen des Meßsignals. Gleichzeitig wird auch die maximale Höhe des messbaren Signals reduziert. Die Optimierung stellt dann einen Kompromiß dar zwischen einem schnelleren Abklingen des Signalstroms und einer damit möglichen höheren Meßfrequenz einerseits sowie einem hohen Meßsignal und damit einer hohen Empfindlichkeit des Detektors andererseits.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der dazugehörigen sechs Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen erfundungsgemäßen Detektor im schematischen Querschnitt.

Fig. 2 zeigt mögliche Anordnungen für eine interdigitale Elektrodenstruktur und

Fig. 3 und 4 zeigen eine schematische Potentialverteilung in einem ersten Detektor.

Fig. 5 und 6 zeigen eine schematische Potentialverteilung in einem zweiten Detektor.

Als vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung wird im folgenden ein Detektor mit einem Halbleiterkörper aus Cadmiumtellurid beschrieben.

Fig. 1: Der zum Beispiel plättchenförmige Halbleiterkörper 1 besteht aus p<sup>-</sup>-CdTe und besitzt eine Dicke d von beispielsweise 1,5 mm. An der ersten Oberfläche des Halbleiterkörpers 1 ist eine schmale und zum Beispiel streifenförmig ausgebildete erste Elektrode 2 sowie eine relativ dazu schmalere und zum Beispiel ebenfalls streifenförmig ausgebildete InjektorElektrode 3 aufgebracht. In der Fig. 1 ist von der ersten Elektrode 2 nur ein Streifen dargestellt, der beiderseits von zwei relativ dazu schmaleren Streifen der InjektorElektrode benachbart ist. Als Material für die erste Elektrode 2 dient eine dünne Goldschicht von beispielsweise 1  $\mu\text{m}$  Dicke, während die InjektorElektrode 3 aus einer ca. 1  $\mu\text{m}$  dicken Indiumschicht aufgebaut ist. Auf der gegenüberliegenden zweiten Hauptfläche des Halbleiterkörpers 1 befindet sich die zweite Elektrode 4, die beispielsweise aus einer ganzflächig aufgebrachten dünnen Indiumschicht besteht.

Unterhalb der InjektorElektroden 3 befindet sich ein n-dotiertes Gebiet 6 und unterhalb der zweiten Elektrode 4 ein n-dotiertes Gebiet 5, welches beispielsweise durch Eindiffusion von Indium aus den Elektroden in den Halbleiterkörper entstanden ist. Auf diese Weise bildet sich sowohl zwischen erster Elektrode 2 und InjektorElektrode 3 als auch zwischen erster und zweiter Elektrode 4 jeweils ein sperrender pn-Übergang aus. Zusätzlich werden sowohl InjektorElektrode 3 als auch erste Elektrode 2 relativ zur zweiten Elektrode 4 als Kathode geschaltet. Im Ausführungsbeispiel ist die zweite Elektrode 4 daher auf Erdpotential, der elektrische Anschluß 7 für die InjektorElektrode auf -45 Volt und der elektrische Anschluß 8 für die erste Elektrode auf -50 Volt gelegt. Somit ist die an der InjektorElektrode 3 relativ zum Erdpotential anliegende Injektorspannung um 10 Prozent niedriger als die an der ersten Elektrode 2 relativ zum Erdpotential anliegende Be-

triebsspannung. In der Figur nur andeutungsweise dargestellt ist ein parallel geschaltetes und mit den Elektroden 2 und 4 verbundenes Meßgerät 9.

Sobald die Elektroden auf dem angegebenen Potential liegen, werden von der Injektorelektrode 3 Elektronen in den Halbleiterkörper 1 injiziert, die entlang der angedeuteten Strompfade 10 zu der auf positivem Niveau liegenden zweiten Elektrode 4 fließen. Dieser injizierte (sekundäre) Dunkelstrom ist unabhängig von einer einfallenden äußeren Strahlung und wird durch die niedrige Schottky-Barriere zwischen der Injektorelektrode 3 und dem Halbleiterkörper 1 begünstigt. Die im Bereich dieser Strompfade 10 liegenden positiv geladenen Haftstellen im Inneren des Halbleiterkörpers 1 werden durch diesen injizierten Dunkelstrom entladen und damit unwirksam gemacht. Der Volumenanteil im Halbleiterkörper 1, der von diesem injizierten Dunkelstrom erfaßt wird, ist um so größer, je feinteiliger die aufgebrachten Elektrodenstrukturen für Injektorelektrode 3 und erste Elektrode 2 sind und je geringer der dazwischenliegende Abstand bemessen wird.

Fig. 2 zeigt in schematischer Draufsicht mögliche interdigitale Elektrodenanordnungen auf der ersten Hauptfläche.

Fig. 2a zeigt eine einfache Ausführung, bei der sowohl Injektorelektrode 3 als auch erste Elektrode 2 als kammartige Strukturen ausgebildet sind, deren Zähne gegenseitig ineinander greifen.

Eine weitere Möglichkeit zur Strukturierung der Elektroden auf der ersten Hauptfläche ergibt sich durch jeweils spiralförmig und parallel zueinander ausgerichtete Anordnung von Injektor- und erster Elektrode wie in Fig. 2b dargestellt. Auf jeder Schnittfläche vertikal zur dargestellten Elektrodenebene erhält man eine alternierende Abfolge der beiden Elektrodenstrukturen 2 und 3, wie ausschnittsweise in Fig. 1 dargestellt ist.

Fig. 2c zeigt eine weitere Elektrodenanordnung, bei der die beiden Elektroden wiederum kammartig ineinander greifen. Als prinzipieller Unterschied zu den Ausführungen gemäß Fig. 2a und 2b ist hier die erste Elektrode 2 in zwei elektrisch voneinander getrennte unabhängige Teilelektroden 2a und 2b aufgeteilt, die voneinander unabhängige Signalströme messen können. In Abhängigkeit von dem Ort, an dem durch einfallende Strahlung Ladungsträgerpaare erzeugt werden, gelingt so ein ortsaufgelöster Nachweise der einfallenden Strahlung. Je nach der Größe des Halbleiterkörpers 1 bzw. der zur Verfügung stehenden Fläche kann die erste Elektrode 2 auch eine größere Anzahl von Teilelektroden umfassen, die in einer Reihe nebeneinander oder über die Fläche verteilt eine ein- oder zweidimensionale Ortsauflösung einer einfallenden Strahlung ermöglichen.

Die Fig. 3 zeigt dreidimensional einen Potentialverlauf für Ladungsträger über der in Fig. 1 dargestellten Schnittebene durch einen Detektor. Die Ortskoordinaten der Schnittebene entsprechen der x- und der y-Achse, während über der z-Achse die potentielle Energie E der Elektronen 13 im Leitungsband dargestellt ist. Dieser Wert entspricht mit umgekehrtem Vorzeichen der potentiellen Energie für Löcher 14 im Valenzband. Wie aus der Figur zu entnehmen ist, besteht zwischen erster Elektrode 2 und Injektorelektrode 3 einerseits und der zweiten Elektrode 4 andererseits ein Potentialgefälle, ein zweites geringeres dagegen zwischen erster Elektrode 2 und Injektorelektrode 3. Die genaue Höhe der (Energie)-Potentiale über den Elektroden 2, 3 und 4 ergibt sich allein aus dem angelegten elektrischen Potenti-

al, während das Energiepotential E über dem Halbleiterkörper 1 bzw. über der dargestellten Schnittfläche des Halbleiterkörpers 1 zusätzlich noch von der vorherrschenden Dotierung und dem sich dadurch aufbauenden inneren Feld des pn-Übergangs verstärkt wird. Der relativ hohe Potentialwall in der Nähe der Schnittfläche von erster Elektrode 2 zu Halbleiterkörper 1 geht auf die Schottky-Barriere (für Elektronen) zurück, die das verwendete Elektrodenmaterial (Gold oder Platin) zum Halbleiterkörper 1 (CdTe) aufbaut. Ein relativ dazu deutlich geringerer Potentialwall entsteht an der Grenzfläche zwischen Injektorelektrode 3 und Halbleiterkörper 1.

In der Fig. 3 bereits dargestellt sind Ladungsträgerpaare 13/14, die sich aufgrund einer entlang des Pfeils 12 einfallenden hochenergetischen Strahlung im Halbleiterkörper 1 gebildet haben. Entsprechend dem für den jeweiligen Ladungsträgertyp geltenden Potentialgefälle bewegen sich diese nun zu den Elektroden mit dem für sie niedrigsten Energiepotential, im vorliegenden Fall zu zweiter Elektrode 4 und erster Elektrode 2. Weiterhin sind im Bild symbolisch Fehlstellen 15 dargestellt, die Ladungsträger eines bestimmten Typs einfangen und zurückhalten können. Auch wenn keine weitere Strahlung 12 mehr einfällt, bleiben so im Halbleiterkörper 1 geladene Zustände 15 zurück.

In Fig. 4 ist der sekundäre Dunkelstrom durch Pfeile 11 und Ladungssymbole 13 dargestellt. Er wird unabhängig von einfallender Strahlung 12 durch Injektion von Elektronen 13 aus den Injektorelektroden 3 in den Halbleiterkörper 1 erzeugt. Ein Teil der injizierten Elektronen wird von den geladenen Zuständen 15 eingefangen und kann diese kompensieren. Die übrigen Elektronen wandern zur zweiten Elektrode 4 ab. Da dieser Dunkelstrom nahezu ausschließlich zwischen Injektorelektrode 3 und zweiter Elektrode 4 fließt, führt er nicht zu einem Meßsignal des zwischen erster Elektrode 2 und zweiter Elektrode 4 anliegenden Meßgeräts 9. Dieses spricht ausschließlich auf den strahlungsinduzierten "Photostrom" an, dessen Entstehung wie eben erläutert in Fig. 3 dargestellt ist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung wird angenommen, daß die Fehlstellen (traps) im Halbleiterkörper negativ aufgeladen werden können. Da diese Traps 16 nur durch Injektion von positiv geladenen Ladungsträgern (Löchern) 14 kompensiert werden können, ist für diesen Fall eine im Vergleich zum ersten Ausführungsbeispiel gegensätzliche Polung sämtlicher Elektroden erforderlich. Bei einer beispielsweise wiederum auf Nullpotential liegenden zweiten Elektrode 4 müssen in diesem Fall erste Elektrode 2 und Injektorelektrode 3 auf relativ dazu positives Potential gelegt werden. Auch hier gilt, daß die zwischen Injektorelektrode 3 und zweiter Elektrode 4 anliegende Injektionsspannung beispielsweise 10 Prozent unterhalb der Betriebsspannung gewählt wird, die zwischen erster und zweiter Elektrode 2, 4 anliegt. Die Injektorelektrode 3 besteht aus einem Material, das zum Halbleiterkörper eine niedrige Schottky-Barriere (für Löcher!) ausbildet als die erste Elektrode 2.

Fig. 5 zeigt den Potentialverlauf über einer Querschnittsfläche durch einen solchen Detektor. Auf der z-Achse ist die potentielle Energie für Löcher dargestellt, während die x- und die y-Achse die zweidimensionalen Ortskoordinaten der dargestellten Schnittfläche angeben. Auch ein solcher Detektor läßt sich mit einem aus Cadmiumtellurid bestehenden Halbleiterkörper 1 mit pin-Diodenstruktur darstellen. Die Orientierung

bzw. Richtung des Halbleiterübergangs ist so, daß das entstehende innere Feld durch das angelegte äußere Potential verstärkt wird. Das n-dotierte Gebiet liegt daher unterhalb der zweiten Elektrode 4.

Die durch die Strahlung 12 injizierten Ladungsträgerpaare 13/14 werden wie im ersten Ausführungsbeispiel an den Elektroden 2, 4 gesammelt, wobei hier jedoch die Elektronen 13 an der ersten Elektrode 2 und die Löcher 14 an der zweiten Elektrode 4 gesammelt werden.

In Fig. 6 ist wiederum ausschließlich der sekundäre Dunkelstrom 11 dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel werden von der Injektorelektrode 3 positive Ladungsträger 14 in den Halbleiterkörper 1 injiziert, um die negativ geladenen Traps 16 zu kompensieren. Auch dieser Dunkelstrom 11 führt zu keinem Meßsignal bei dem an erster und zweiter Elektrode angeschlossenen Meßgerät 9. Die Interdigitalstruktur ermöglicht auch hier, daß der sekundäre Dunkelstrom einen hohen Volumenanteil des Halbleiterkörpers durchfließen kann.

Der erfindungsgemäße Strahlungsdetektor zeigt sowohl ein gutes Ansprechverhalten für einfallende Strahlung als auch ein schnelles Abklingen des Signals nach dem Ausschalten der Strahlung. Dies ermöglicht eine schnelle Messung bzw. eine hohe Meßfrequenz bei gepulster Strahlung. Da diese Meßfrequenz nun nicht mehr von einem dicker werdenden Halbleiterkörper abhängig ist, kann dieser in einer der Absorptionslänge entsprechenden Dicke ausgeführt werden. Dies garantiert ein hohes Meßsignal und damit einen empfindlichen Detektor. Wird der Detektor zum Nachweis von Röntgenstrahlung betrieben, so ist eine erhöhte Meßfrequenz möglich. Gegenüber nicht direkt konvertierenden Detektoren auf der Basis von Leuchtstoffen oder Ionisationsröhren besitzt der Detektor einen wesentlich vereinfachten Aufbau. Zusätzlich erlauben die Konstruktionsmerkmale des erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors eine einfache Herstellung von Detektorzeilen oder Detektorarrays, mit denen eine ein- oder zweidimensionale Ortsauflösung des einfallenden Strahlungssignals möglich ist.

40

#### Patentansprüche

##### 1. Detektor für eine Strahlung

- mit einem Halbleiterkörper (1),
- mit erster (2) und zweiter Elektrode (4) aufeinander gegenüberliegenden ersten und zweiten Hauptflächen des Halbleiterkörpers zum Anlegen einer Betriebsspannung,
- mit einer Meßvorrichtung (9) zum Bestimmen des durch die Strahlung generierten Signalstroms zwischen erster und zweiter Elektrode,
- mit einer zusätzlichen Injektorelektrode (3) auf der ersten Hauptfläche zum Anlegen einer Injektionsspannung zwischen Injektorelektrode und zweiter Elektrode und zur Erzeugung eines von der Strahlung unabhängigen Dunkelstroms (10),
- wobei erste Elektrode und Injektorelektrode als Interdigitalstruktur ausgebildet sind und
- wobei die Betriebsspannung größer ist als die Injektionsspannung und die Spannungen an den Elektroden je nach Anwendung des Detektors unabhängig voneinander eingestellt werden können.

2. Detektor nach Anspruch 1, bei dem die Materialien für die Elektroden unterschiedlich sind und so

ausgewählt sind, daß die Injektorelektrode (3) zum Halbleiter (1) eine niedrigere Schottky Barriere für die zu injizierenden Ladungsträger ausbildet als die erste Elektrode (2).

3. Detektor nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Halbleiterkörper (1) eine pn oder eine pin Struktur besitzt.
4. Detektor nach Anspruch 3, bei dem unterhalb der Injektorelektrode (3) ein begrenzter Bereich (6) mit einer Dotierung eines ersten Leitfähigkeitstyps vorgesehen ist, der der Dotierung unterhalb der ersten Elektrode (2) entgegengesetzt ist.
5. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Flächenverhältnis von erster Elektrode (2) zur Injektorelektrode (3) deutlich größer als 1 ist.
6. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die erste Elektrode (2) in zumindest zwei elektrisch getrennte Teilelektroden (2a, 2b) aufgeteilt ist, wobei der Signalstrom an jeder Teilelektrode unabhängig bestimmt werden kann.
7. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Halbleiterkörper (1) Cadmiumtellurid umfaßt.
8. Verfahren zum Betrieb eines Detektors nach Anspruch 1,
  - bei dem zwischen erster (2) und zweiter Elektrode (4) eine Betriebsspannung eingestellt wird,
  - bei dem zwischen Injektorelektrode (3) und zweiter Elektrode (4) eine niedriger als die Betriebsspannung gewählte Injektionsspannung eingestellt wird,
  - bei dem der Detektor einer gepulsten Strahlung ausgesetzt wird,
  - bei dem ein durch die Strahlung generierter Signalstrom zwischen erster und zweiter Elektrode bestimmt wird und
  - bei dem bei gegebener Betriebsspannung die Injektionsspannung so eingestellt wird, daß das Signal hinreichend schnell auf die Strahlungsmodulation reagiert,
  - bei dem die Höhe des Signalstroms der Intensität der Strahlung zugeordnet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem zum Ausgleich von im Halbleiterkörper (1) haftenden Ladungen einer Polarität die Injektorelektrode (3) auf ein den Ladungen entgegengesetztes Potential gelegt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem die Injektionsspannung ca. 10% niedriger als die Betriebsspannung eingestellt wird.

11. Verwendung des Detektors nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zum schnellen Nachweis von Röntgenstrahlung.

12. Verwendung des Detektors nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in der medizinischen Röntgendiagnostik.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

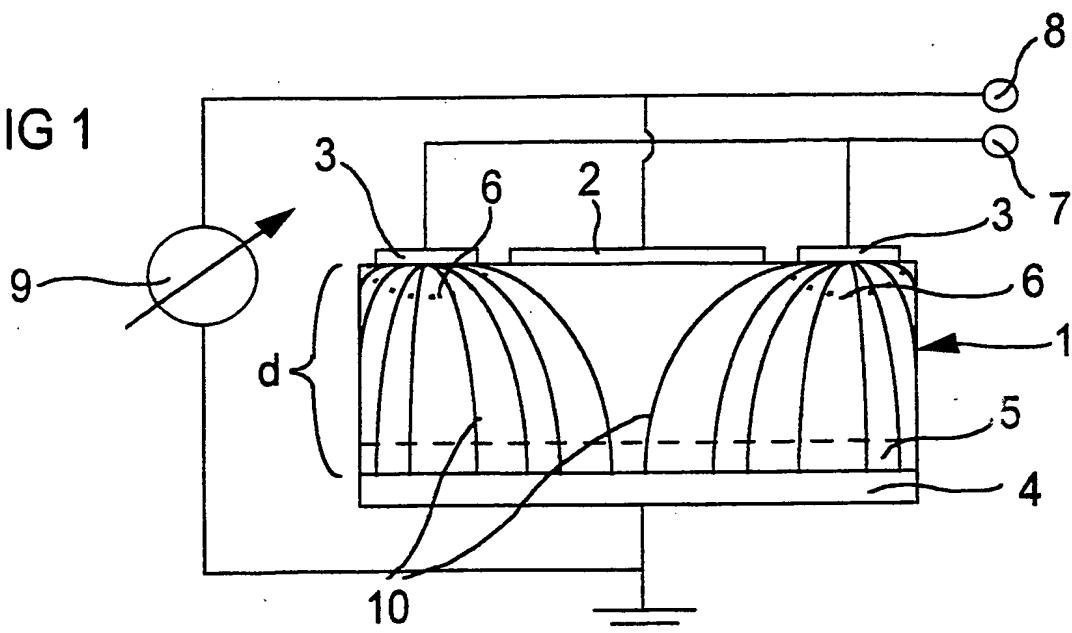


FIG 2b

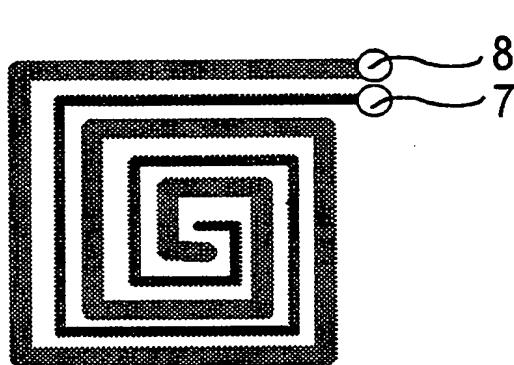


FIG 2c

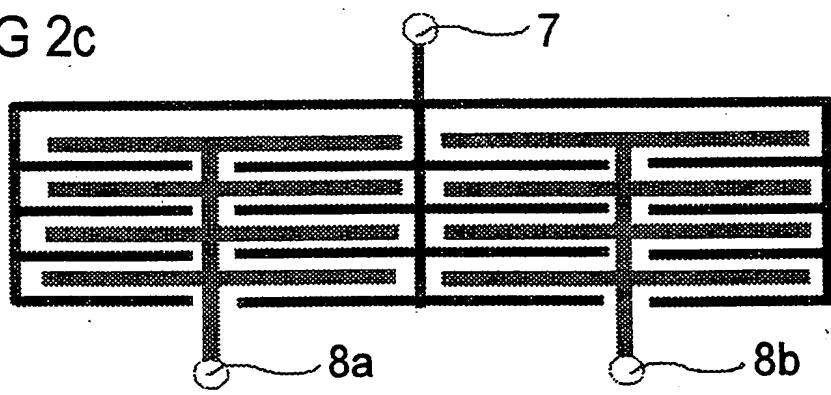


FIG 3

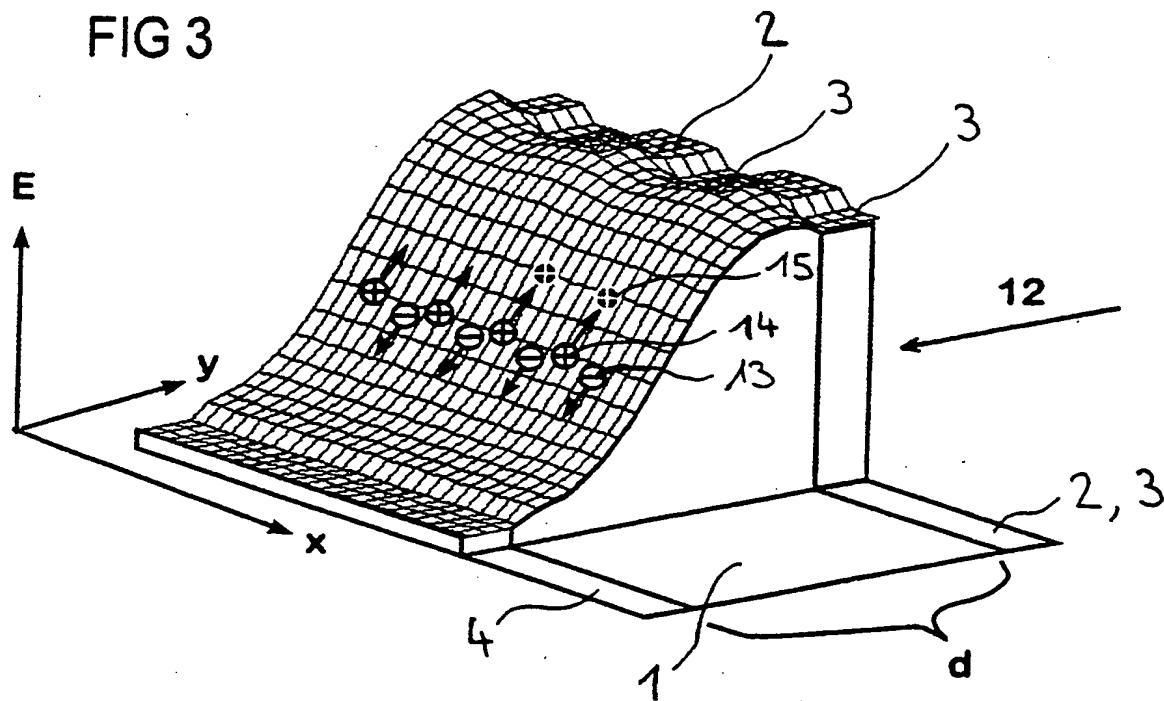


FIG 4

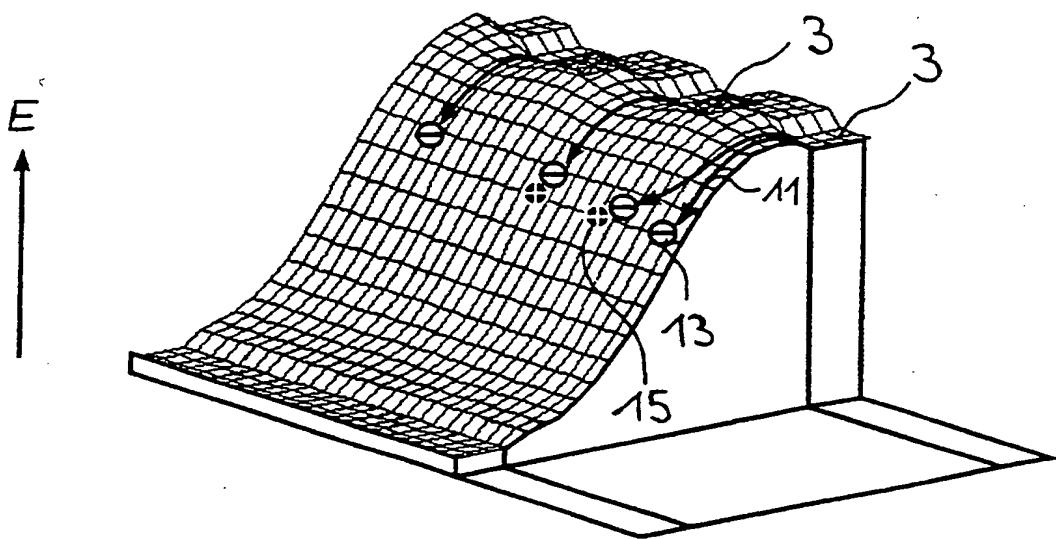


FIG 5

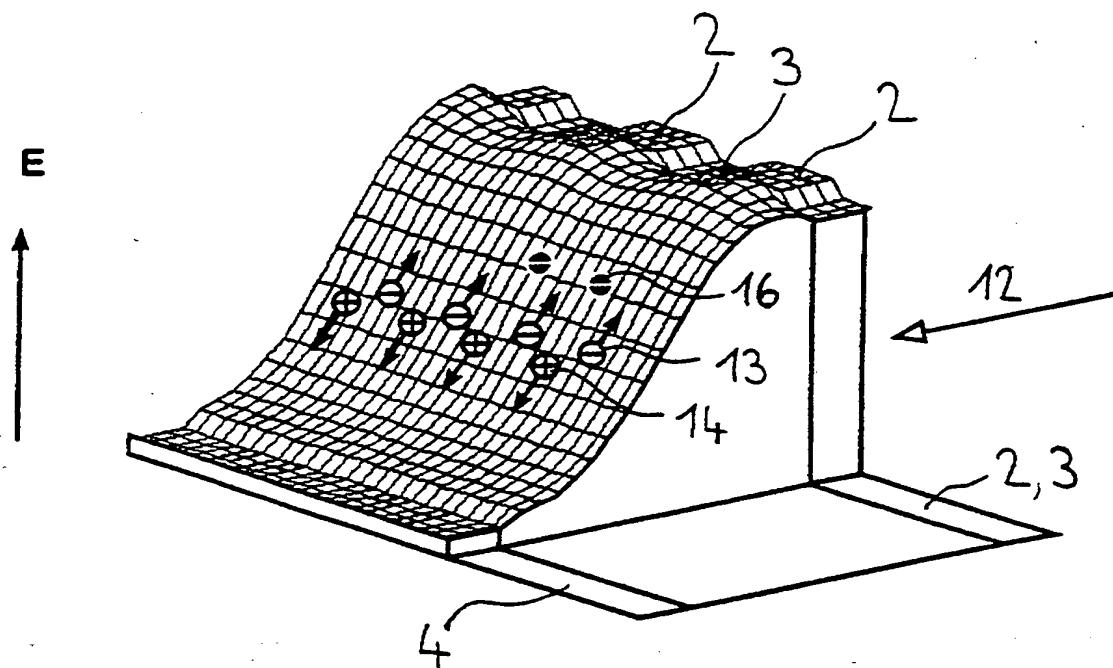


FIG 6

